"Aportación al conocimiento de la importancia de las vibraciones mecánicas en la maquinaria de automoción agrícola"

García Ortiz, Eduardo. Ferrero, Javier. Búrdalo, Gabriel. Fuentes, Marcos. Cepeda, Jesús. de Barrios, Mercedes

Universidad de León - Laboratorio de Acústica Aplicada - Escuela de Ingeniería Industrial e Informática - Campus Universitario - 24071-León, España.

+34 987 291777 / acustica.lab@unileon.es

ABSTRACT

En la presente comunicación se expone un avance de los resultados correspondientes a un estudio realizado sobre la caracterización de las vibraciones mecánicas existentes en los tractores agrícolas en régimen de funcionamiento real de trabajo.

Se reflejan los datos referentes a las mediciones realizadas sobre un total de 25 tractores estudiados efectuando tareas habituales y de acuerdo con la metodología de evaluación indicada en la norma ISO-2631-1/1997.

Se analiza la importancia cuantitativa de los registros obtenidos y se comparan los mismos con las exigencias detalladas en la legislación en vigor, específicamente la Directiva 2002/44/CE y el correspondiente R.D. 1311/2005.

Palabras clave
Vibraciones, tractores

1. INTRODUCCIÓN

La importancia de los diferentes agentes físicos en el mundo del trabajo ha ido incrementándose en los últimos tiempos. Por la Unión Europea se han venido desarrollando en los pasados años sucesivas Directivas sobre los diferentes agentes. De esta forma cabe citar la Directiva 2002/44/CE de 25 de junio de 2002, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de las vibraciones, o, más recientemente, la Directiva 2003/10/CE, de 6 de febrero de 2003, sobre los riesgos derivados del ruido para los trabajadores.

Finalmente, es obligado citar la publicación del R.D. 1311/2005, de 4 de noviembre, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (vibraciones).

En esta comunicación aportamos datos experimentales que consideramos relevantes para profundizar en el análisis de la incidencia de las vibraciones mecánicas en el mundo del trabajo y directamente relacionada con la maquinaria utilizada agrícola.

2. LA LEGISLACIÓN FRENTE A LAS VIBRACIONES

2.1. Legislación existente.

Hasta la mencionada publicación de la Directiva 2002/44/CE y a nivel español del R.D. 1311/2005, puede afirmarse que si de algo podía calificarse la legislación existente en nuestro país, referente a las vibraciones en el trabajo, era de difusa y escasamente concreta cuantitativamente hablando. Para tener una visión más clara, resumimos a continuación los aspectos más importantes de las reglamentaciones que se han venido promulgando hasta la actualidad.

- Ordenanza General de Higiene y Seguridad en el Trabajo, de 9 de marzo de 1971, y que fue de obligada aplicación hasta su derogación por la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (1995). En dicha Ordenanza, en su artículo 31, "Ruidos, Vibraciones y Trepidaciones", se hacían referencias a la prevención contra las vibraciones y protección de los trabajadores, pero no figuraba ninguna concreción sobre procedimientos de evaluación o indicaciones cuantitativas.

- Reglamento de Seguridad en Máquinas, aprobado por R.D. 1495/1986, de 21 de julio. Transpone la Directiva 89/392/CEE y su primera modificación, Directiva 91/368/CEE. Por su interés reflejamos las principales referencias cuantitativas que figuran en dicho Reglamento:

Anexo I, apartado 2.2. Máquinas portátiles y máquinas guiadas a mano.

En las instrucciones se indicará lo siguiente sobre las vibraciones que emitan las máquinas portátiles y máquinas guiadas a mano:

- *El valor cuadrático medio ponderado en frecuencia de aceleración a la que van a ser expuestos los miembros superiores, cuando exceda de 2,5 m/s^2, definida por las normas de prueba adecuadas. Cuando la aceleración no exceda de 2,5 m/s^2, se deberá mencionar este particular.*
- *A falta de normas aplicables, el fabricante indicará los métodos de medición utilizados y en qué condiciones se realizaron las mediciones.*

Anexo I, apartado 3. Máquinas móviles.

El manual de instrucciones deberá incluir las indicaciones siguientes:

- *a) Sobre las vibraciones generadas por la máquina, bien el valor real, bien un valor establecido a partir de la medida efectuada en una máquina idéntica:*
- *El valor cuadrático medio ponderado en frecuencia de aceleración a la que se vean expuestos los miembros superiores, cuando exceda de 2,5 m/s; cuando la aceleración no exceda de 2,5 m/s^2, se deberá mencionar este particular.*

El valor cuadrático medio ponderado en frecuencia de aceleración a la que se vea expuesto el cuerpo (en pie o asiento), cuando exceda de 0,5 m/s^2; cuando la aceleración no exceda de 0,5 m/s^2, se deberá mencionar este particular.

- Real Decreto 1435/1992, de 27 de noviembre, por el que dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los estados miembros sobre máquinas. Solamente indica al respecto:

- Anexo - I, 1.5.9: La máquina estará diseñada y fabricada para que los riesgos que resulten de las vibraciones que ella produzca se reduzcan al más bajo nivel posible, teniendo en cuenta el progreso técnico y la disponibilidad de medios de reducción de las vibraciones, especialmente en su fuente.

- Ley 31/1995 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales: Derogó la Ordenanza G. de Seguridad e Higiene en el Trabajo, ya citada, y transpuso a nuestro ordenamiento jurídico sucesivas Directivas dictadas con anterioridad por la Comunidad Económica Europea.

- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen los requisitos mínimos de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo: Transpone al derecho español las Directivas 89/655/CEE y la 95/63/CEE, que modifica la anterior. Únicamente podemos reseñar al respecto:

Anexo I, 1.17: Todo equipo de trabajo que entrañe riesgos por ruido, vibraciones o radiaciones deberá disponer de las protecciones o dispositivos adecuados para limitar, en la medida de lo posible, la generación y propagación de estos agentes físicos.

Como puede comprobarse que con anterioridad al R.D. 1511/2005, trasposición de la Directiva europea ya citada, si exceptuamos el Reglamento de Seguridad en Máquinas (R.D. 1495/1986), las referencias existentes en la legislación de nuestro país, de obligado cumplimiento, eran totalmente genéricas, sin especificar métodos de medición o de evaluación. El Reglamento mencionado expresa unas obligaciones relativas al manual de instrucciones de las máquinas, pero sin concretar ninguno de los aspectos antes citados, si bien ya incide en la separación entre las vibraciones mano-brazo y las de cuerpo completo.

2.2. Normas técnicas para análisis de vibraciones

Como es lógico, sí que se disponían de normas que, como apoyo técnico, han podido utilizarse hasta el momento para estudiar de forma cuantitativa las vibraciones mecánicas. Aunque no son de utilización obligatoria, son aceptadas internacionalmente, y han venido a ser la herramienta técnica imprescindible para el tratamiento de las vibraciones, juntamente con lo expresado en la Directiva que más adelante comentaremos.

- VIBRACIÓN MANO-BRAZO: Vibración mecánica. Guía para la evaluación de la exposición humana a vibraciones mano-brazo (ISO 5349:86 - UNE ENV 25349:96).

Indica procedimiento de medición, pero no marca valores de referencia o límites; sólo señala situaciones de exposición con probabilidad de que los trabajadores sufran problemas vasculares.

- VIBRACIÓN DE CUERPO COMPLETO: Vibración mecánica y choques. Evaluación humana a la vibración de cuerpo completo (ISO 2631-1, ISO 2631-2).

Constituye una auténtica guía de evaluación, con indicación de tres niveles de referencia, fatiga, exposición y confort, siendo exhaustiva desde el punto de vista cuantitativo.

2.3. El R.D. 1511/2005

Pasamos a continuación a exponer algunos de los aspectos más significativos de este Real Decreto, transposición de la Directiva europea, sin pretender ser exhaustivos:

1º Período transitorio.- En sus disposiciones transitorias el R.D. un período transitorio durante el cual las obligaciones previstas no serán de aplicación hasta el próximo 6 de julio del presente 2008, en los casos de equipos de trabajo suministrados antes del 6 de julio de 2007 y que no permitan respetar los valores límites de exposición. Pero además, en el caso de los equipos empleados en los sectores agrícola y silvícola, dicho período transitorio se prorroga hasta el 6 de julio de 2011.

2º Valores límite y de referencia.- Separando la consideración de mano-brazo o de cuerpo entero, se fijan "valores límite" y "valores que dan lugar a una acción":

* Mano-brazo. Para un período de referencia de 8 horas:
  - Valor límite de exposición diaria: 5 m/s^2
  - Valor de exposición diaria que da lugar a una acción: 2,5 m/s^2
* Cuerpo entero. Para un período de referencia de 8 horas:
  - Valor límite de exposición diaria: 1,15 m/s^2
  - Valor de exposición diaria que da lugar a una acción: 0,5 m/s^2

3º Evaluación y medición.- El anexo al Real Decreto indica, entre otras circunstancias, la forma de evaluación de las vibraciones para ambos casos, que será de acuerdo con la norma ISO 5349 para el sistema mano-brazo, y la norma ISO 2631, para cuerpo entero, respectivamente, si bien con alguna variación específica.

4º Disposiciones para evitar o reducir la exposición.- Como "obligaciones del empresario" se indican diversas medidas a tomar por aquel, en caso de superarse los "valores de acción" ya indicados. Igualmente, y de forma taxativa, se señala que "los trabajadores no deberán estar expuestos en ningún caso a valores superiores al valor límite", tomando el empresario de inmediato medidas para reducir la exposición en caso de superar aquellos límites.

5º. Riesgos para la salud reflejados en el R.D..- Entendemos que es la primera vez que en normativa oficial se hace referencia a riesgos inherentes a la exposición a vibraciones mecánicas. Así, para el sistema mano-brazo, indica textualmente "problemas vasculares, de huesos o de articulaciones, nerviosos o musculares". Otro tanto ocurre con las vibraciones a cuerpo entero, mencionándose "lumbalgias y lesiones de la columna vertebral".

6º Control de la salud.- Finalmente, insiste reiteradamente el R.D. en la necesidad de disponer de un control adecuado de la salud a partir de que los trabajadores estén expuestos a valores que superen los niveles de acción, entre otras obligaciones. Sin embargo, no se concretan plazos o períodos en cuanto a dicho control.

2.4. Consecuencias

Es evidente que, a partir de la publicación de la legislación comentada, el tratamiento y análisis de las vibraciones mecánicas ha de encararse en profundidad, pues nos encontramos en el punto de salida de una normativa que, aún con sus períodos de transitoriedad, nos obliga a afrontar un problema largo tiempo declarado como no prioritario. Dispondremos ya de normas de medición y evaluación que debemos de aplicar técnicamente y con rigor en los diferentes ámbitos y sectores, y, en nuestro caso, el sector agrícola, con mayor atención si cabe, dadas sus peculiaridades, reconocidas en la propia legislación.

3. MEDICIONES SOBRE VIBRACIONES EN TRACTORES AGRÍCOLAS.

A efectos de tener referencias propias sobre el nivel de las vibraciones existentes en tractores agrícolas en uso en la actualidad, y como un avance previo a un estudio en fase de realización y de grana profundidad, se han efectuado

mediciones, de acuerdo con las circunstancias que se detallan a continuación.

3.1. Material y método

I) INSTRUMENTACIÓN.

Para la realización de las mediciones se dispuso de la siguiente instrumentación:

- Analizador integrador de vibraciones, Larson Davis IHVM 100.
- Acelerómetro triaxial PCB Piezotronics, mod. 356A02
- Calibrador de vibración RION, mod. Exciter VE-10.

II) METODOLOGÍA.

Se ha tenido en cuenta lo reflejado en el R. D. 1511/2005, y, específicamente la Norma ISO 2631 Vibración mecánica y choques. Evaluación humana a la vibración de cuerpo completo (ISO 2631-1, ISO 2631-2), situando el acelerómetro sobre el asiento del tractor.

Se han efectuado mediciones a cuerpo completo en 25 tractores agrícolas, en condiciones de trabajo real, es decir, realizando tareas habituales y sin ningún condicionamiento para las medidas.

3.2. Resultados

En la tabla que figura en la página adjunta se reflejan los datos básicos de las diferentes mediciones .Para cada una de ellas se reflejan los siguientes datos:

- Potencia.
- Antigüedad.
- Horas de trabajo.
- Tarea realizada durante la medida.
- Estado del terreno.
- Velocidad de trabajo.
- Resultados obtenidos para cada eje y total equivalente, en m/s^2

Del tratamiento de estos datos, de acuerdo con la citada ISO 2631 y el R.D. 1311/2005, y considerando una posible jornada laboral para un tractorista profesional de características similares, puede afirmarse:

- Sólo en 2 de las mediciones las cifras resultantes no sobrepasan los valores de referencia indicados en el Real Decreto $\boldsymbol{A(8) \leq 0{,}5\ m/s^2}$

- En los 23 casos restantes (92 %) se supera el Valor de exposición diaria que da lugar a una acción: $\boldsymbol{A(8) > 0{,}5\ m/s^2}$

- Por último, en 2 mediciones los valores obtenidos son incluso mayores que el reflejado por el R.D. como Valor límite de exposición diaria: $\boldsymbol{A(8) > 1{,}15\ m/s^2}$**.**

Estas cifras tienen una importancia considerable, a la vista de su comparación con los valores de referencia. La continuación y ampliación del estudio permitirá profundizar en las diversas circunstancias inherentes a la maquinaria de muestreo.

4. CONCLUSIONES.

* La publicación del Real Decreto 1311/2005, viene a cubrir un auténtico vacío de legislación en el ámbito de las vibraciones, y debe suponer una dedicación intensa al estudio y consideración de las vibraciones mecánicas en el sector de la maquinaria agrícola, y, más concretamente, en lo que respecta al tractor, su máquina más representativa.

* Si bien, el mencionado R.D. marca un período de transitoriedad para su aplicación en los sectores agrícola y forestal, dicho período ha de contemplarse como el margen imprescindible para la puesta en marcha de las medidas correctoras que sin duda habrán de aplicarse.

* Aún tratándose del avance de un estudio más amplio, en cuanto a las vibraciones a que están expuestos los tractoristas, el conjunto de valores presentados indica una situación relevante, ya que en el 92 % de los casos se han superado los valores básicos a partir de los cuales la legislación exige la ejecución de medidas correctoras.

* Todo ello debe dar lugar a estudios conducentes a mejorar las condiciones de trabajo en el uso de los tractores agrícolas, para evitar exposiciones que superen los valores de referencia fijados en la legislación.

5. REFERENCIAS.

1. Ordenanza General de Higiene y Seguridad en el Trabajo, de 9 de marzo de 1971.

2 .Reglamento de Seguridad en Máquinas, aprobado por R.D. 1495/1986, de 21 de julio.

3. Norma ISO 5349:86 - UNE ENV 25349:96. Vibración mecánica. Guía para la evaluación de la exposición humana a vibraciones mano-brazo.

4. Norma ISO 2631-1, ISO 2631-2. Vibración de cuerpo completo: Vibración mecánica y choques. Evaluación humana a la vibración de cuerpo completo.

5. Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales:

6. Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen los requisitos mínimos de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo

7. Directiva 2002/44/CE del Parlamento europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (vibraciones) Decimosexta Directiva especifica con arreglo al apartado 1 del articulo 16 de la Directiva 89/391/CEE.

8. García Ortiz, E.; Ferrero, J., et al. "Una visión de la importancia de las vibraciones en el tractor agrícola a la vista de la Directiva 2002/44/CE". Simposio Internacional de Ingeniería Rural. Palencia (España), 2005.

9. R.D. 1311/2005, de 4 de noviembre, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (vibraciones).

Nº tractor	Potencia (kW)	Antigüedad (años)	Tarea realizada (***)	Velocidad (km/h)	Resultados medición				
					Aeq X	Aeq Y	Aeq Z	Aeq ISO 2631	A(8)R.D. 1311/05
1	92	16	A	7	0,44	0,62	0,42	1,00	0,87
2	62	14	B	15	0,25	0,20	0,34	0,56	0,35
3	62	14	C	7,5	0,52	0,53	0,87	1,36	0,87
4	132	8	D	8,5	0,71	0,72	0,62	1,54	1.01
5	99	10	E	7,5	0,42	0,44	0,69	1,10	0,69
6	81	4	F	6,5	0,42	0,53	0,62	1,13	0,74
7	118	1	G	9	0,37	0,40	0,48	0,89	0,56
8	74	6	H	6,5	0,59	1,02	0,63	1,76	**1,43**
9	104	3	I	7,5	0,41	0,45	0,57	1,02	0,63
10	92	9	B	Variable	0,47	0,55	0,70	1,23	0,77
11	129	2	E	8	0,48	0,52	0,36	1,06	0,73
12	68	20	I	6	0,41	0,38	0,47	0,91	0,57
13	70	16	H	4,5	0,57	0,93	0,63	1,65	**1,30**
14	99	7	G	7	0,39	0,56	0,50	1,06	0,78
15	93	11	C	M.R.	0,51	0,26	0,42	0,91	0,71
16	92	16	A	7	0,44	0,62	0,42	1,14	0,87
17	74	1	I	6,5	0,37	0,36	0,59	0,93	0,59
18	92	8	J	8,5	0,70	0,56	0,84	1,51	0,98
19	88	2	A	7	0,38	0,39	0,42	0,87	0,55
20	110	12	G	7,5	0,48	0,66	0,64	1,30	0,92
21	74	1	E	6,5	0,45	0,39	0,40	0,91	0,63
22	81	12	F	6	0,46	0,47	0,51	1,05	0,66
23	85	8	F	5,5	0,30	0,32	0,37	0,71	0,45
24	118	21	F	6,5	0,30	0,35	0,42	0,77	0,49
25	118	6	E	8	0,56	0,54	0,75	1,32	0,76

(***) Códigos de tareas: **A:** terciar barbecho – **B:** Transporte con remolque – **C:** Carga de remolque – **D:** Siega de alfalfa – **E**: Alzar con chisel – **F:** Alzar con trisurco reversible – **G:** Pase de cultivador – **H:** Pase de rastra de púas – **I:** Alzar con cultivador – **J:** Empacado de grandes pacas

DATOS Y RESULTADOS